

시뮬레이터 컨버터에 의한 인버터 성능시험에 관한 연구

조 정 민, 조 주 현, 김 성 남, 이 승 환, 오 봉 환, 이 훈 구, 김 용 주, 한 경 희
 명지대학교, 태덕대학, 명지전문대학, 용인송담대학, 동양공업전문대학

A Study on the Inverter performance by Simulated Converter

J.M. Jho*, J.H. Jho, S.N. Kim, S.H. Lee, B.H. Oh, H.G. Lee, Y.J. Kim, K.H. Han
 Myongji Univ., Taedok College, Myongji College, Yong-in Songdam College, Dong Yang Tech. College

Abstract - This paper is the machine that is able to estimate a new built power convertor in a production line. Generally, this machine test can be achieved by connecting it to a dynamometer consisting of a three-phase machine joined by a rigid shaft to a DC load machine. But the proposal system is controlled to create some specific load characteristic needed for the test without any mechanical equipment. The suggested test stand consists only of a converter to be test and a simulator converter. Both devices are connected back-to-back on the AC-side via smoothing reactors. The simulator operates in real-time as an equivalent load circuit, so that the device under test will only notice the behaviour of a three-phase machine under consideration of the load. And then, to obtain a superior characteristic for dynamic reference used the feedforward control.

이라는 장점이 있으나, 정격 전압에서 정격전류를 흘릴 수 없으며, 일정한 부하 전류시험 이외에는 할 수 없는 단점이 있다. 이러한 점을 보완할 수 있는 방법으로는 3상 전동기와 직류발전기로 이루어진 M-G 세트를 이용하는 방법으로 그림 1과 같은 부하시험방법이 있다. 그 구성은 시험대상 인버터와 입력 전류 평활용 리액터, 인버터에 직류 전원을 공급하기 위한 정류부 그리고 부하용 직류 발전기 및 전력용 컨버터로 구성되어있으며, 직류 발전기에 의해 일정한 부하를 발생시킬 수 있다. 그리고 직류 발전기의 부하 작용으로 인하여 발생된 전력은 컨버터를 이용하여 계통 쪽으로 회생할 수 있다. 일반적으로, 이러한 부하 시험방법은 인버터 사용의 대부분이 되는 전동기를 구동함으로써, 실제 부하조건과 유사한 시험을 할 수 있다는 장점이 있다.

1. 서 론

최근 AC 드라이브의 사용이 급증함에 따라서 인버터의 필요성이 증가하고 있다. 그러므로 인버터를 생산하는 과정에서 용량에 적합한 시험을 필요로 한다.

인버터의 전체적인 기능을 시험하기 위해서, 기존의 피시험체 즉 시험대상 인버터는 3상유도기와 직류발전기로 구성된 M-G 세트가 주로 이용되어왔다. 여기에서 직류발전기는 출력 단자전압에 부하를 연결하거나 PWM컨버터를 적용하여 부하 특성 시험을 하고 있었다. 그러나 이러한 시험방법에는 크게 3가지 단점이 있다. 시험대상 인버터는 매번 다른 부하조건에서 시험되거나 다른 종류의 기기에 접속하여 운전되어야만 하는 불편한 점이 있었다.[1][2] 두 번째로, 인버터를 시험하기 위한 이러한 시험장치들은 시험장소에서 많은 공간을 차지하게 된다. 또한, 이러한 시험을 하는 것은 소음을 발생시키며 작업 환경에 좋지 않은 영향을 주게 된다. 세 번째로 산업현장에서 개발된 인버터의 용량보다 수전 전력이 부족하게 되면 시험을 수행할 수 없으며, 충분한 수전 전력을 공급받는 경우에도 역시 피시험체의 용량에 해당하는 에너지를 소비하게 되어 에너지 낭비의 원인이 된다.

위와 같은 단점을 보완할 수 있는 인버터 성능시험용 부하 시뮬레이터 컨버터를 제시하였다. 본 논문에서 이용하는 시스템은 두 인버터가 AC 출력측에 평활용 리액터를 경유하여 back-to-back으로 접속되어 있다. 부하시뮬레이터는 실시간으로 등가 부하 회로처럼 운전되도록 제어하며, 빠른 전류응답을 위해 부하 시뮬레이터 컨버터에 feedforward 제어를 적용하여, 동적 부하시험을 수행할 수 있게 하였다. 이러한 제어특성을 시뮬레이션을 통하여 확인하였다.

2. 시뮬레이터 컨버터의 구조

2.1 기존의 인버터 시험장치

인버터 성능시험을 위해서 기존에 많이 사용하던 방식은 가장 간단하게는 리액터 부하를 이용하는 방법이 있다. 이러한 방법은 에너지 손실 없이 부하시험을 할 수

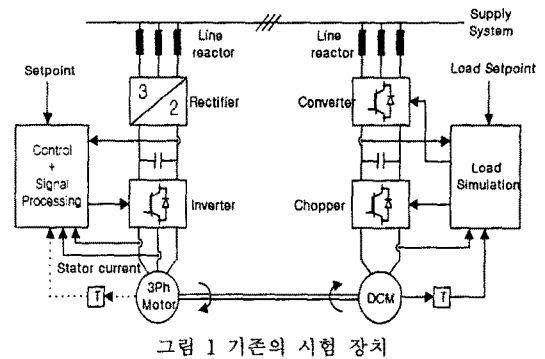


그림 1 기존의 시험 장치

그러나, 인버터의 성능시험을 위해서, 부대적인 장비가 많이 소요되는 단점이 있으며, 용량이 다른 여러 종류의 인버터를 시험하게 될 경우, 해당하는 전동기의 기계적 인접속 등 불편한 요소를 수반하게 된다.

2.2 Back-to-back 인버터를 이용하는 시험장치

그림 2는 본 연구에서 구성한 시스템으로 전체적인 구성은 피시험체 인버터와 직렬 리액터, 시뮬레이터 인버터, Analog filter 그리고 피시험체의 출력전압 및 전류를 검출할 수 있는 검출부로 이루어져 있다.

시스템의 제어방식은 피시험체의 출력전압과 부하 시뮬레이터 기기 사이의 전류를 측정하고, 피시험체의 출력전압은 사용자에게 설정된 가상의 모터의 입력으로 사용된다. 그리고 두 전력변환기 사이에 원하는 전류를 흐를 수 있도록 하기 위해서 전체적인 제어는 벡터제어를 행하였다. 또한 본 논문에서 원하는 우수한 동적 응답특성을 얻기 위해서 feedforward 제어를 적용하며, 실제 시스템에 적용할 경우 부하 시뮬레이터 인버터의 중성점에 나타나는 출력전압 오프셋 보정을 위해서 오프셋 보정 회로를 구성하였다.

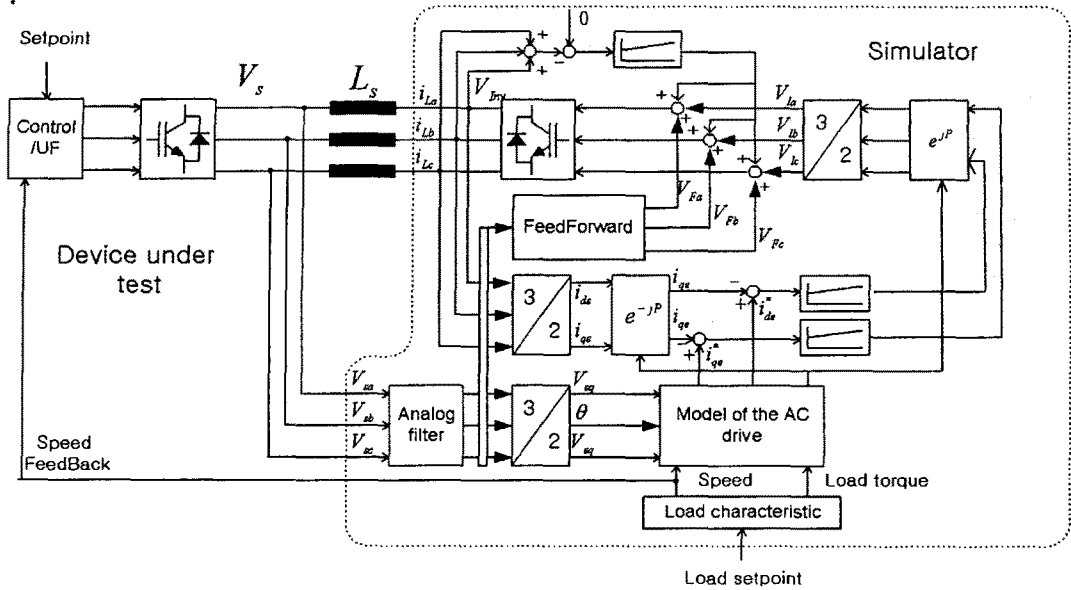


그림 2 전체적인 제어 블록도

그림 2의 전기적 부하 시뮬레이터의 제어기 출력단에 feedforward 제어기를 구성하였다. 여기에서 feed-forward 제어 블록을 살펴보면 그림 3과 같다.

$\tau_c = 0.00P$ 로 설정하였다. 이러한 경우 필터에 의한 지연과 시스템의 반응을 근 계적을 통하여 살펴보았다. 그림 4는 시스템에 영향을 줄 수 있는 부하 시뮬레이터의 우세극점을 나타내었다. 그림에서 볼 수 있듯이, 우세극점은 -824 정도로 비교적 속응 응답을 기대할 수 있다. 따라서 본 연구에서 구현하고자 하는 모의 전동기 부하 시험 장치를 구성할 수 있었다.

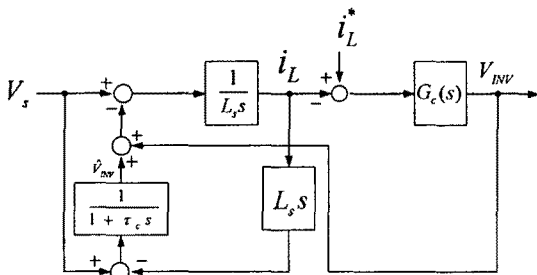


그림 3. feedforward 제어 블록도

그림 3에서 전류지령에 대한 부하 전류응답 즉, 전체 전달함수 $\frac{i_L}{i_L^*} = G(s)$ 를 구하면 식(1)과 같다.

$$\frac{i_L}{i_L^*} = \frac{\frac{1}{L_s s} G_c(s)}{1 + \frac{1}{L_s} G_c(s) - \frac{1}{1 + \tau_c s}} \quad (1)$$

여기에서,

G_c : 전기적 부하 장치의 PI 전류제어기

i_L : 피시험체의 출력전류

τ_c : feedforward 블록의 필터 시정수

feedforward 블록의 필터 시정수가 $\tau_c = 0$ 라 한다면, 위의 시스템은 이상적인 전류 제어 루프를 구성할 수 있다. 그러나 실제 시스템에서는 미분된 전류 값을 그대로 이용할 수 없기 때문에, 본 연구에서 필터의 시정수는

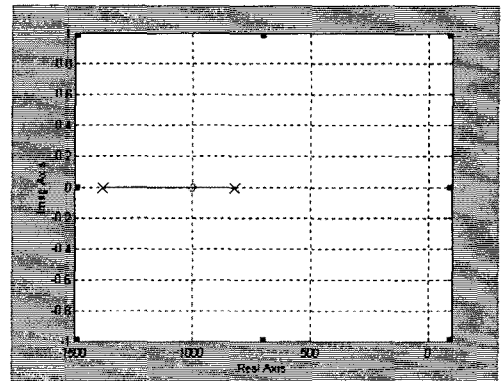


그림 4. $\tau_c = 0$ 인 경우에 우세극점

3. 시뮬레이션

전체적인 제어특성을 알아보기 위해서 본 연구에서는 MATLAB을 이용하여 제어 블록을 구성하였다.

표 1 시뮬레이션 파라미터

모의 전동기 파라미터			
R_s	0.82[Ω]	R_r	0.64[Ω]
$L_{\sigma s}$	64[mH]	$L_{\sigma r}$	58[mH]
L_m	68[mH]	J	0.042[kg · m ²]
직렬 인덕터 파라미터			
L_s	1[mH]		

표 1은 시뮬레이션에 이용된 모의 전동기와 직렬 리액터의 파라미터를 나타내고 있다.

시뮬레이션에 이용된 전체적인 제어구조는 그림 2에 나타나 있는 것 같이 피시험체 인버터와 직렬리액터, 그리고 인버터를 시험하기 위한 시뮬레이터로 구성되어 있으며, 제어 블록도는 그림 5와 같이 feedforward 제어기와 인버터의 오프셋 보정 회로로 구성되었다. 이때 피시험체와 시뮬레이터의 스위칭 주파수는 10[kHz]로 하였다.

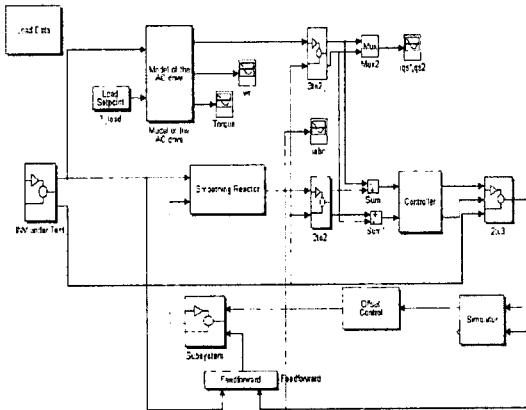


그림 5. 시뮬레이션에 적용된 제어 블록도

그림 6은 시스템의 전체적인 제어특성을 알아보기 위해서, 지령치 전류를 20[A]에서 10[A]로 가변 하였을 경우에 응답 전류파형을 나타내고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 전체적으로 양호한 응답특성을 내고 있다. 그러나 본 논문에서 이용된 모의 전동기가 요하는 특성을 얻기 위해서 보다 빠른 제어 응답이 필요하다.

그림 7은 피드포워드 제어기를 적용한 전류제어기를 이용하였을 경우에 전류 지령치에 대한 응답파형으로 피드포워드 제어가 없는 경우에 비하여, 향상된 응답 특성을 보여주고 있다. 따라서 본 연구에서 제시하고자 하는 모의 전동기 시뮬레이터를 구현할 수 있다. 제어 방법은 피시험체의 출력전압을 검출 받아 모의 유도전동기를 소프트웨어적으로 구동하고 이때 출력전류를 부하 시뮬레이터의 전류 지령치로 사용하는 방식이다.

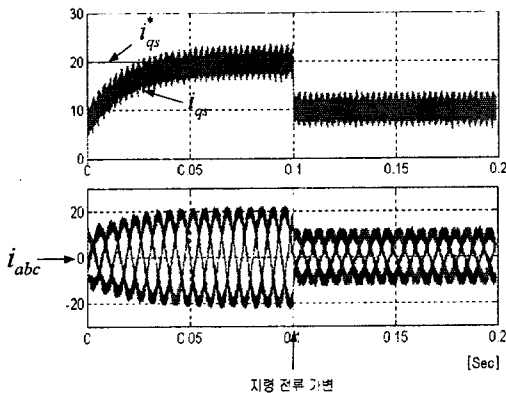


그림 6. feedforward가 없는 전류 제어파형([A]/div)

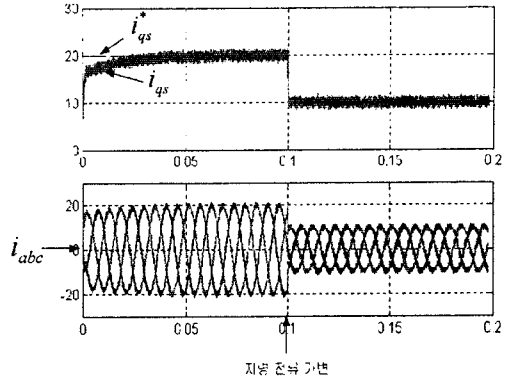


그림 7. feedforward를 이용한 경우 전류파형([A]/div)

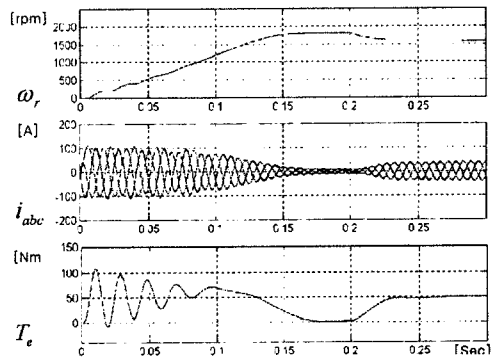


그림 8. 피시험체의 모의 유도전동기에 의한 실험파형

그림 8은 전동기를 무부하에서 기동하고, 0.2[sec]후에 50[Nm]의 부하토크를 걸었을 경우에 피시험체의 출력전류를 나타내고 있으며, 필요시 피드백 받을 수 있도록 속도정보 ω_r 과 토크정보 T_e 를 제공하고 있다. 이상 시뮬레이션을 검토한 결과 전체적으로 양호한 성능을 보여주고 있었다.

5. 결 론

본 논문은 인버터 제작시 인버터의 특성을 시험하는데 있어 필요한 부하장치를 전기적인 부하장치로 구현하여 시스템의 간결화 및 저 전력 손실을 꾀하였다. 또한 모의 전동기 시뮬레이션을 보다 원활하게 구현하기 위해서 feedforward 제어기를 적용하였다. 그 결과 일정한 부하 및 순시가변부하를 실제 전동기와 유사하게 구현하는 방법이 시뮬레이션을 통하여 확인할 수 있었다.

4. 참고 문헌

- [1] Rober Wendel Newton, "Emulating Dynamic Load Characteristics Using a Dynamic Dynamometer" In IEEE Catalogue No.95TH8025, 1995, pp465-470.
- [2] Z. Hakan Akpolat, "Dynamic emulation of mechanical Loads Using a Vector-controlled induction motor-generator set", in IEEE Transactions on industrial electronics, Vol. 46, NO 2, APRIL 1999, pp. 370-379